

臨海事故から約130日後のJCOの敷地内および周辺の空間線量率（JCO報告、その3）

松沢孝男

Gamma dose rates in the vicinity of JCO Tokai plant about 130 days following the criticality accident (JCO Report Part 3)

Takao MATSUZAWA

Abstract: Measurements were taken of the gamma dose rates in the vicinity of JCO Tokai plant following the criticality accident. The government and local government had announced that environmental radioactivity of JCO Tokai plant was at safe levels. However, the JCO Tokai plant was under close security by officials, so we, common citizens have no access to verify the safety of the place for ourselves. I served as a member of the research group, studying the criticality accident, organized by Monbusho, Ministry of Education. With a GM survey meter[1] and two types of survey meters, HAKARUKUN, the author measured all the monitoring points of the JCO Tokai plant, and checked them against JCO's data. All the data proved to show background level only. And all the data among different kinds of survey meters corresponded to a reasonable level of satisfaction.

1. 緒言

1999年9月30日のJCOの臨海事故の際、筆者はGMサーベイメーターで勤務先の茨城高専とJCOの周辺の γ 線の空間線量率を測定した[1-6]。翌10月1日朝には臨海状態も終息した。しかし公民館に避難した350m圏の住民の避難解除がなかなか許可にならなかったため、10月2日の16時頃JCO社南西側の県道62号線に沿って、再度事業所周辺の空間線量率の測定を行った[1-2]。この時点では既に県道62号線の封鎖は解除になっていた。9月30日に $510\mu\text{Sv/h}$ の γ 線の線量率を検出した付近(F)(最近接地点)では若干の残留(誘導)放射線を検出したが、最強時の $1/1,000$ 程度の値であった([1]の図6)。

その後、新聞やテレビ等の報道によれば、JCO社の転換棟の周囲には土嚢が積み、更にコンクリートの遮蔽ブロックも運びこまれ遮蔽は強固のものになったという。これも報道によればJCOの転換棟の反応槽のウラン溶液も回収され反応の虞も、汚染の拡大の虞も無くなり、周辺の空間線量率も下がったという。但し、科学技術庁やマスコミの報道は、地元ではほとんど信用されていない。いくら専門家がきちんと測定しても、だめのようなものである。また、東海村が行った村民(成人)へのアンケートでは、臨海事故の際誰の言を信じたかの項に、学校の教員を挙げたのは僅か0.4%であった。教員の知識・情報は地域住民から殆ど当てにされていないということである。事故当日および原研創設以来40余年のそれ迄の地元の教育関係者(大学関係者も含む)のしてきたこと・してこなかったこと(不作為)を見ればある意味で当然という気もする。

このような状況の中で、現場付近の学校の一教員にできることは何か考えてみた。念頭には1986年の旧ソ連のチェルノブイリ原発事故の際のハンガリーの高校の物理の教員グループ(Toth先生[7]等)の行動のことがあった。それに先立つ1984年の同国の教育改革で国民は16歳までに文科系の学生も含め

「原子物理」が必修になったという。現在の理科離れを放任する日本の理科教育とは逆方向の対応である。このような事情は、JCOの事故のほぼ1年前の平成10年12月の放射線教育国際シンポジウム(ISRE'98)でToth先生の講演で聞いたことがある。この1998年のシンポジウムは有馬朗人先生が大会委員長となって準備されていたところ、文部大臣に就任されたため、伏見康治先生が委員長を引き受けられたものであった。

有馬先生は、大臣の激務の間を縫ってシンポジウムに出席され講演[8]をされ招待講演等も聴かれ、先生を囲む懇親会にも出席されている。但しJCOの臨海事故の際、ハンガリーのToth先生および物理学会会長のMarx教授の講演の内容を思い出されたかどうかは詳らかではない。JCOの臨海事故への対応を見る限り文部大臣だけでなく参加したほとんどの学校関係者に影響を与えなかったのではないかと惜しむものである。

今回のJCOの臨海事故は、JCOの事業所の外の一般社会の現象だけで考えれば、日本の従来の放射線教育や原子力教育がどの程度のものであったかを測るバロメーターの役割を果たしたのではないかと考えられる。従来の様々な、放射線教育・原子力教育が不毛で、現実の放射線災害・原子力災害に直面したとき、特に教育者集団が何の行動も自発的にできず、また文部大臣、文部省、教育委員会等も何らかの確かな指示を出すこともできなかったのではないかと密かに思っている。

筆者が「茨城県での環境中のラドン測定」のテーマで平成5年度の東レ理科教育賞に応募した際[9]、最終選考の審査委員面接の場面で、『ポリカーボネート(CR-39)のエッチングを外注に出してでも生徒全員が環境放射線のラドンをCR-39のプラスチック板で測ることが原子力施設直近の学校で自然放射線の認識を涵養する一番簡便な方法だ』という主張は、審査委員長の伏見康治先生はじめ審査委員の理解を得られず、実験目的の意義の有無という入り口の議論のところで伏見委員長との議論のみで持ち時間の20分を使い尽し肝心の実験デ

ーターの発表に入ることができなかった(佳作)。世間や賞の審査員が、放射線教育を「物理」あるいは「理科」「教育」の一部として矮小化したり趣味的にしか考えられない固定観念が出来上がっていたと思われる。原子力事故は起こらないというのは思い込みに過ぎないと思う。

『ラドン測定は1教科の1単元ではなく本校のような原子力事業所林立地帯で、生徒・学生・教職員に原子力事故(災害)の際も安全に生き延びる為のたくましい生きる力をつける本質的な生存のための学習・教育だ』と思う筆者の考えは理解されないまま終わった。筆者は、茨城の学校におけるラドン測定を、原子力事故の可能性を念頭に置いた平時の環境放射線測定と考え、研究費は、平成3年度以来10年間連続の文部省科学研究費のほか上記東レ理科教育賞の賞金、日産科学振興財団、住友財団、日本原子力発電、常陽銀行のエコー茨城、東京工業大学の理工学振興会等の研究助成を受け続け続けてきた。学生に放射線の利用に興味を持ってもらうきっかけにと原研の「黎明研究」という受託研究も受け密封線源の購入にも充てている。今回のJCOの臨界事故が筆者の平成11年度からの科学研究費「原子力災害時の避難所に指定された学校における平時のPA教育と事故時の為の対策」(基盤研究、(B)(2)、3年)という、前例の無い原子力事故による災害の可能性を前提としたタイトルの研究の開始初年に起きたことは、象徴的というか、不安が当たってしまったという感慨がある。

大臣や政府の言う臨界の継続に思いが至らなかったとか、中性子の測定を指示するのが遅れたとの釈明は言い訳に過ぎないとこれも密かに思っている。素人が臨界継続中に現場周辺(JCO社の敷地の外)の公道(国道6号線、県道62号線)のγ線の空間線量率をGMのサーベイメーターで車中から測るだけで容易に異常に高い空間線量率が得られ、臨界継続(中性子の存在)も容易に推定できることであった[1-6]。

また事故後、事故時の対応および平時の準備に関し茨城県内の教育関係者から一言も反省の声があがらないことを訝るものでもある。自分の学校の環境放射線強度を果たしていくつの学校が臨界継続中に測定し安全を確認したか知りたいものである。平素、安全とか責任という言葉をレトリックとして多用する教員集団であるだけに興味を感じる。

風評被害にしても、茨城県は放射線および放射性物質の及ぶ範囲を公表せず、9月30日深夜突然法令にも、地域防災計画にも基づかない10km圏30万人の屋内待避勧告を発した。

誰も言わないが、その唐突な対応による世間の驚きに由来する風評被害に対する茨城県の責任は重い。自己の対応を棚上げにして風評被害に対する調停をしているのは滑稽でもある。臨界継続中、GMサーベイメーターによる環境放射線の測定では、事故による放射線の広がり範囲は、JCO社の転換棟の反応容器からの距離が高々1~2km以内であった[1,2]。

臨界終息後の上記「安全」との情報はいずれも伝聞であり、報道機関(記者)は自ら測定して確認したわけでもなく科学

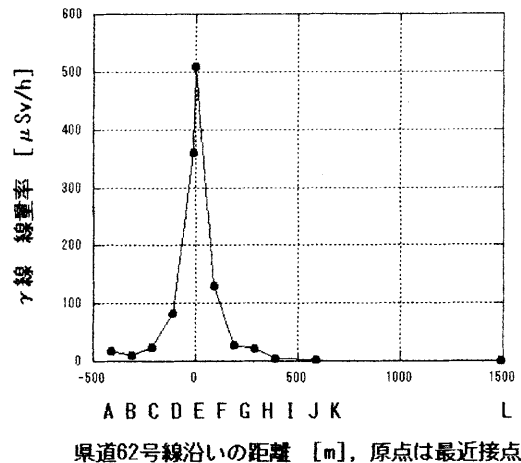


図1 臨界継続中の公道(県道62号線)のγ線線量率[1]

技術庁や茨城県の発表の受け売りであり、第三者による確認がなされていない。

その科学技術庁だけでなく地元茨城県の公害技術センターも、1999年9月30日のJCOの臨界事故の際、事故発生当日放射線の情報を握っていただけで肝心の『緊急モニタリング』の結果を市民(他省庁にも問い合わせた東海村の隣接自治体にも)に開示しなかった[1]。これで、真の情報に基づかない危うい情報しか存在しないことになった。

その上、現場に蟻集したマスコミの取材人は独自の線量率の取材(測定)を行わなかった(記者は自分用の線量計は携帯していたが)。彼らは、唯不安を煽るだけの存在で、必要な情報の収集も報道も行っていない。報道記者としての資質を疑わざるを得ない。放射線事故の場合、空間線量率の分布を測定し状況を把握することが先決である。事故から100日以上たってもこの情報・報道の本質的な状況は変わっていない。

拙い方法であれまた僭越でも中立的な立場の地元の教員が自分で現場周辺の線量率分布を測定し実態を確認する責任を感じた。それにより、専門家の測定結果もマスコミ報道も保証(confirmあるいはcertify)され、住民も安心して専門家やマスコミのデータを受け入れるのではないかと考えた。

環境放射線の報道に関して、筆者は昭和50年代の隣国の大気中核実験(ロプノール)以来のマスコミ(政党の機関紙も含め)の報道姿勢に非常な不信感を抱いている。いわゆる「放射能雨」(フォールアウト)の実態を報道しなかったことである。当時、雨水の水溜りにサーベイメーターを向けると指針が振り切れる状態の時である[10]。但し、今回に限ってはマスコミだけを責めるのは酷な面もある。事故後、JCOの事業所は科学技術庁と茨城県警の管理下にあり部外者が立ち入って放射線の強度を測定し安全を確認する手段は無かった。ただし報道機関が写真撮影以外の環境放射線強度の測定のための取材の努力をしたかははなはだ疑わしい。

筆者は地元の好事家の教員として(?)事故直後文部省のJCOの臨界事故における緊急学術調査団(環境調査班)に参加

を誘われた。当初は筆者等の臨界継続中のJCO社周辺の線量率測定[1-2]のことは知られていなかったが、この機会に、自分の使用したGMサーベイメーターと放射線計測協会から借用した2台（2種類）のシンチレーション式サーベイメーター「はかるくん」、「はかるくんII」でJCO社の敷地内外のJCO社の測定定点を測定しJCO社の測定データと直接比較することを計画した。手元にシンチレーション式のサーベイメーターを持っていなかったためでもあるが、高価な測定器で専門家と同じ測定をすることが目的ではなく、地元の一市民（教員）として安価で簡便な測定器でどの程度現場を測定して的確な情報を把握できるかを演示することに意義があると考えた。専門的な機器を用いず「その気になれば誰でもできる」範囲で調査活動を行った。JCOの臨界事故発生当日、臨界継続中に何も動かなかった（放射線の状況調査と情報発信を行わなかった）地元茨城県内の教育界全体（大学も含む）に対する失望観を具現化したものでもある。立ち入り調査の申し込み後、紆余曲折のあとやっと調査は実現した。以下その結果と、測定の過程で気が付いた問題点について述べる。

2. 経緯

1999年9月30日の臨界事故の際、臨界継続中に筆者らがGMサーベイメーターで測定したJCO社周辺のγ線の空間線量率について補正しておく。線量率yと線源(反応容器)からの距離rの関係について図2に示す。

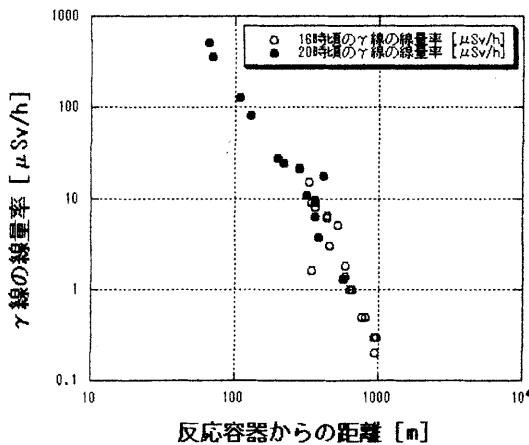


図2 臨界継続中のJCO社周辺のγ線空間線量率[1]

当初、図2の両対数グラフの傾きから、 r^{-2} 依存性が強く示されたと判断した。それならば、点線源のモデルで扱えるか検討した。線源の強度A、反応容器と道路との最短距離Γ、転換棟の反応容器と測定点との距離rとすれば、測定点の線量率yは、

$$y = A \Gamma^2 / r^2$$

となるはずである。Lorentz型関数を想定した(補遺2)。

われわれ部外者がJCO社の敷地の外の公道で測定する状況を考えれば、点線源モデルは、

$$y = A / (1 + (x/\Gamma)^2) = A \Gamma^2 / (\Gamma^2 + x^2) = A \Gamma^2 / r^2$$

となり、上の式となる（分子の定数に Γ^2 が含まれる）。

この仮定が正しければ、各測定点について、

$$y r^2 = A \Gamma^2 (\text{一定})$$

となることが想定される。両辺の対数をとった

$$\log(y r_i^2) = \log(A \Gamma^2)$$

を片対数グラフ用紙に、縦軸を $\log(y r_i^2)$ 、横軸を r_i にしてグラフを描いた(図3)。

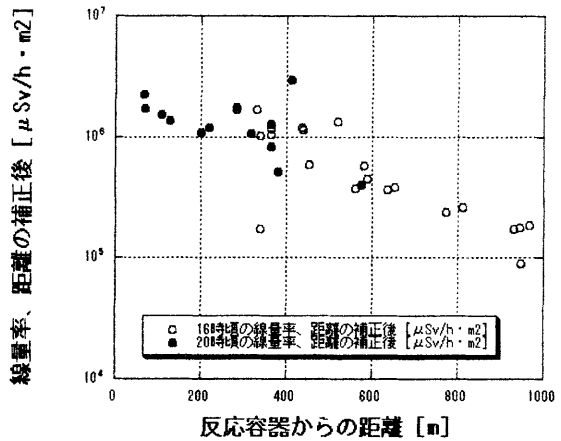


図3 点線源を仮定して距離で補正した線源の強さ

図3を見ると、 $\log(y r_i^2)$ の値は一定にならず、rの増加とともに減少している。臨界反応によるFP(核分裂生成物)線源は混合物で、放射される放射線の線質もエネルギーもわからず、壁、塀、空気の遮蔽効果の程度がわからないが、形式的に平均的な線吸収係数μを求めてみた。

$$y = A \cdot \Gamma^2 \cdot \exp(-\mu \cdot r) / r^2$$

と関数の形を仮定し、

$$y r^2 = A \cdot \Gamma^2 \cdot \exp(-\mu \cdot r)$$

と書き直した上で両辺の自然対数をとると

$$\log(y r_i^2) = \log(A \Gamma^2) - \mu \cdot r_i$$

となる。図3のグラフの傾きを○(16時)、●(20時)を区別せず読み取ると、 $\mu = 0.005 [1/m]$ になった。

この形式的な線吸収係数μの値の評価を行った。

$$y \cdot r^2 / \exp(-\mu \cdot r) = A \Gamma^2$$

と式を変形すると、左辺の値は一定値になるはずである。片対数グラフ用紙に $\log(y r_i^2 / \exp(-\mu \cdot r_i))$ と r_i をプロットしたものが図4である。残念ながら、グラフは水平にならずやや右上がりの様相を示した。吸収係数を実際より大きめに(図3の傾きを実際より大きめに)に見積っている可能性がある。16時前後の○印、20時前後の●印は、線源の強度が変われば同一直線には乗らない。線種・線質が変わらず線量のみ変わった場合は傾きは同じでy切片のみ異なる

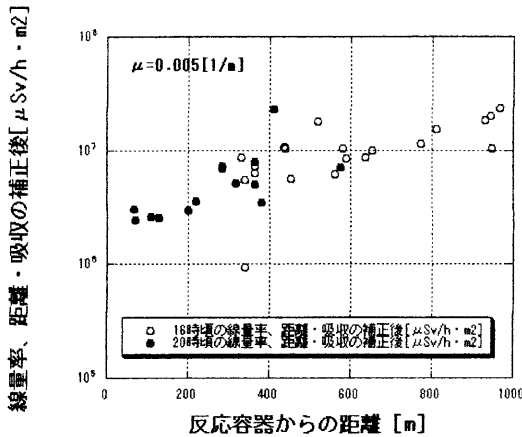


図4 距離および吸収を補正した線源の線量率 $\mu=0.005[1/m]$

平行な2本の直線になるはずである。そのため、○、●混合のデータの時より勾配は小さくなる。線吸収係数 $\mu=0.004[1/m]$ および、 $0.003[1/m]$ について $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ を試算し、図4と同じグラフを描いてみた。図5の線吸収係数 $\mu=0.003[1/m]$ の時、グラフはほぼ水平（線量率の方位依存性無し）になった。ビルドアップは考慮していない。

このようにしつこく放射線の強度にこだわるのは、測定した線量率のデータから異方性が認められるか否かがJCO社近隣の一般住民の被曝線量の評価の際のモデルの妥当性の評価に直接強く影響するからである。2003年の現在でもこの議論はホットに続いている[11,12]。異方性を認めれば、大部分の被曝住民の被曝線量は低くなるはずである。

距離で補正した線量率のグラフ（極グラフ）を図6に示す。図6は点線源モデルに対応した $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ のグラフであり、図7は、線量率を距離と線吸収係数 $\mu=0.005[1/m]$ で補正した $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ のグラフである。極グラフはいずれも北を0°、角度は時計廻りに0°～360°とした。

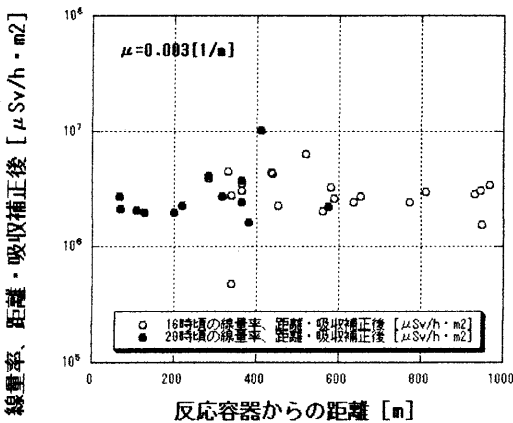


図5 距離および吸収を補正した線源の線量率, $\mu=0.003[1/m]$

点線源を仮定し距離の補正をした場合は、南西、北西方向に強度のピークが見える（図6）。図5のように片対数の

グラフが水平になる吸収まで考えれば異方性は目立たなくなるが、サーベーターでの測定時には、現場の測定者には吸収の程度は原理的にわからないため、サーベーターの針は大きく振れ、「異状」を感じるはずである。今回のJCOの臨界事故時の中性子の線吸収係数については、

原研労組 $\mu=3.2 \times 10^{-3}[1/m]$ [13]

小藤ら、 $\mu=6.0 \times 10^{-3}[1/m]$ [14]

小藤ら、 $\mu=8 \times 10^{-3}[1/m]$ [15]

を測定により導いている。

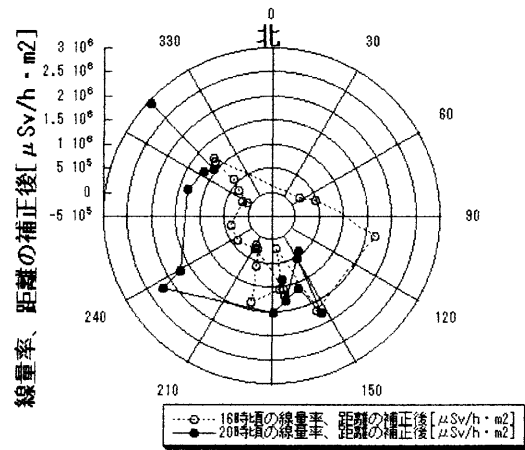


図6. 点線源を仮定した距離の補正を加えた場合

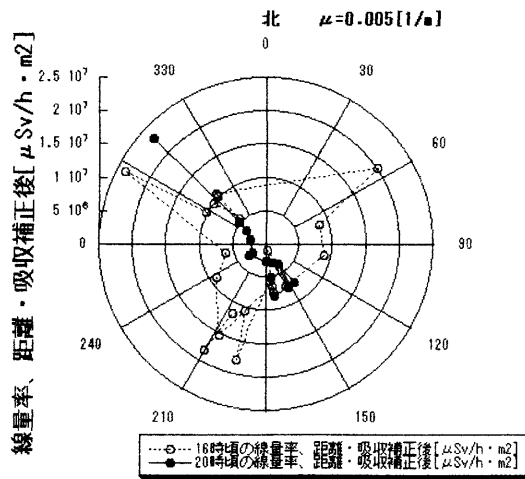


図7 吸収係数 $\mu=0.005[1/m]$ に対応した、距離および吸収の補正を加えた場合、 $y^2/\exp(-\mu \cdot r)$ のグラフ

[13]は中性子モニターでの測定である。[14-15]は、採取した放射化試料の測定によるもので、核種も明確で信頼できるデータであり、臨界終息後、時間をかけ、かつ高度な測定器を用いての実験データで、本報告の「臨界継続中」「測定器は、γ線用のGMサーベーターしかない」という、緊急時の、迅速測定とは趣を異にする。私の測定データはガンマ線測定で中性子とは線種が異なるが偶然か中性子の線吸収係数 μ とほぼ同じ値となった。

このような、放射線強度の異方性の有無の問題を明らかにするには、JCO社の塙の外からの測定だけでは不十分でどうしてもJCO社の敷地内の線量率の自分自身での測定と現場の建物等の位置確認が必要であった。

3. 実験

2000年2月11日及び12日の文部省の第6次学術調査団のJCO立ち入り調査に参加した。測定器は、臨界事故当日筆者が使用したGMサーベイメーター(富士電機製、NHJ110)と放射線計測協会から借用した2台のシンチレーション式サーベイメーター「はかるくん」(堀場製)、「はかるくんII」(富士電機製)である。JCO社員に案内してもらいJCO社の敷地内外の空間線量率の測定定点の位置と目印を確認しながら測定しJCO社の当日(両日)の測定データと比較した。

4. 結果

JCO社の建物の配置測定定点を図8に示す。1から44の数字は、JCO社の臨界事故の臨界継続中から事故後の定期測定定点の識別番号で、転換棟に近い敷地境界線の両側には、向かい合って一部同一の番号がある。はじめから44箇所の測定定点が決まっていたのではない。同社が官庁へ報告した膨大な測定データの綴りを読むと、事故発生から1999年10月31日までの測定で243回、測定頻度の減った2000年2月12日の時点で通算538回になる。綴りのはじめのほうを見ると、測定地点への番号の割り振りの順番から、同社が敷地外のどの方向

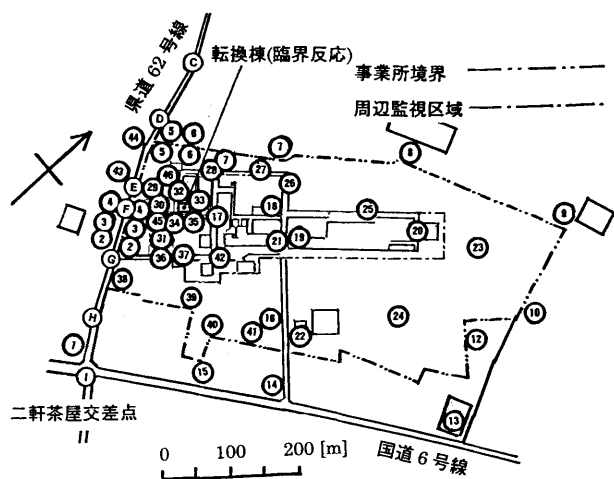


図8 JCO社敷地内および周辺の環境放射線測定定点

の放射線漏洩を重要視していたかはっきり現れている。民家に近い、1桁の識別番号の地点であり、その中でも、南西④と北西⑥の方向(筆者の前報[1]の表2のFとAの2つの方向)について、頻繁に測定を繰り返している。『臨界事故に動転し会社は何もできなかった』という世間に流布しているイメー

ジと異なり、少なくとも同社の現場の放射線管理者は、自己あるいは放射線量測定グループの危険も顧みず、必死で事業所境界間際の民家周辺の空間線量率の測定を集中的に行っていた。彼らは現場での測定からγ線の強度の異方性を認識し、特に強いγ線の漏洩方向の存在を認識していたと読み取れる。中性子の測定開始はずっと遅れる。事故当日、筆者のGMサーベイメーターによるγ線空間線量率の測定でA地点(西端のバリケード内側)の測定値が距離的に他の測定点より遠いにもかかわらず大きな値となり、測定当初はデータのばらつきあるいは測定ミスかと思ったものが、JCO社員の臨界当日の測定データによるγ線の強い漏洩方向⑥と一致することも分かった。

現場の踏査の成果として、事故当日γ線の強かった方向は、転換棟の廊下の方向と、建物と建物の隙間の方向であることを確認した。ともに、遮蔽物の少ない方向に当たる。

γ線の異方性に関しては、科学技術庁やその配下の研究機関等の報告書や説明では、口を揃えたように異方性は無かった旨の報告になっている。現場周辺の被曝者の正確な線量評価のためには本当にそうであったか検証する必要がある。

筆者が2000年5月に広島で開かれたIRPA-10のSatellite Symposium, 日本保健物理学会主催の「The Criticality Accident at Tokai-mura」でJCO事故の事故当日のJCO周辺のγ線空間線量率の発表したところ[4]、質疑の際原研の方から「今ごろそんな発表をされては“困る”」という、叱責を受けた。それも静かにではなく、かなり興奮された口調(国際会議のため英語で)であったため出席者はその異様さにびっくりしていた。田舎の学校の教員がGMサーベイメーターで測定したJCOの敷地外の公道のγ線の空間線量率を発表した位でなぜそれほど専門家が興奮する必要があるか不思議に思った。

私たちのJCOへの立ち入り調査の時にはまだ発表されていなかったが、2000年夏および秋に発表された事故当時の原子力安全委員で現在日本原子力学会会長の住田健二先生の概要報告[16]と単行本[17]には、『さらに遅れた避難の解除は、沈殿槽からのγ線ビームがちょうど周辺の人家方向に向かっており、事故発生建物に立ち入り不可能な状態では、外部から多量の遮蔽体を積み上げる以外の方法が無かった。』『さし当たり、周辺の人家に向かって出ているガンマ線を遮蔽したい。ところがまったく皮肉なことだが、ちょうどその方向には放射線を遮ってくれるコンクリートの建物がなく、まさに狙い討ちのように、人家の方向へビームが走っているのだ。』と、はっきりJCOの事業所周辺で実感されたγ線の「ビーム」と異方性を示唆する言葉が記されている。しかし、その後も科学技術庁関係の研究所の報告等では異方性の議論を避ける慎重な言い回しが徹底している。

γ線空間線量率の測定結果を表1に、また測定器毎、JCOの敷地内と事業所周辺に分けて線量率の平均値と標準偏差を表2に示す。測定器の識別記号A,B,C,D,Eは、

- A 持参したGMサーベイメーター (富士電機)
 - B 放射線計測協会の「はかるくん」
 - C 放射線計測協会の「はかるくんII」
 - D JCO社のサーベイメーター (2月11日測定)
 - E JCO社のサーベイメーター (2月12日測定)
- である。

各測定器毎の現場での線量率の測定値の平均値および線量率の分布を表2および図9～図13に示す(横軸の単位は $\mu\text{Sv/h}$)。

図9は測定器毎、JCOの敷地内と事業所周辺に分けて線量率の平均値と標準偏差を表示したものである。

図10は「はかるくん」による、図11は「はかるくんII」による線量率の測定結果の強度分布である。図10、図11の強度分布の形は似ているが線量率の値が異なる(線量率の平均は夫々、 $0.036\mu\text{Sv/h}$ と $0.063\mu\text{Sv/h}$ であった)。

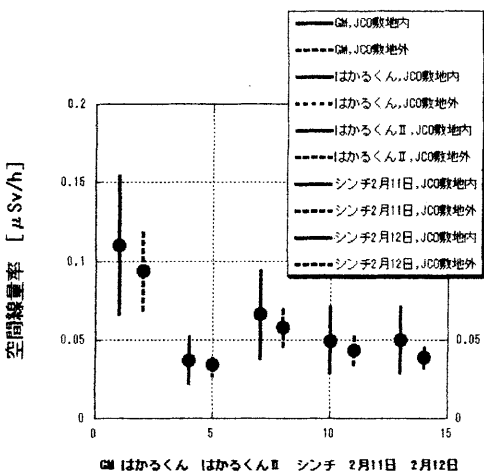


図9 測定器毎、JCOの敷地内と事業所周辺に分けて線量率の平均値と標準偏差

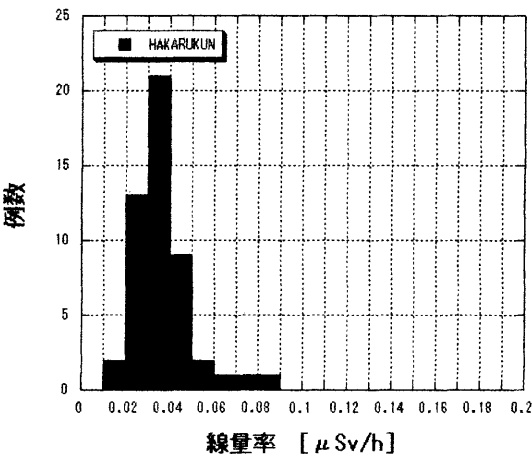


図10 「はかるくん」による線量率の測定値の分布

図12、図13は、JCO社による当日の空間線量率の測定データの頻度分布である。図10、図11の関係と異なり、分布の形も平均も一致している。図12はJCO社の第584報(2月11日、

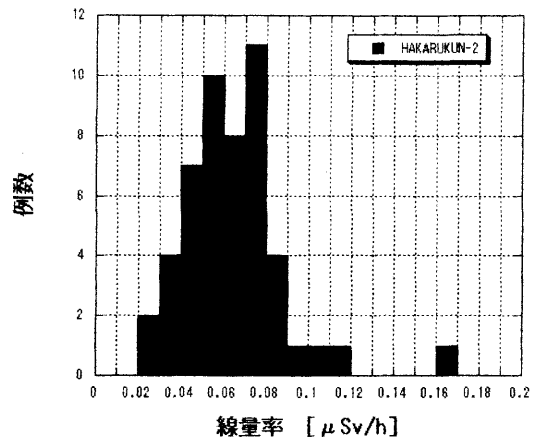


図11 「はかるくんII」による線量率の測定値の分布

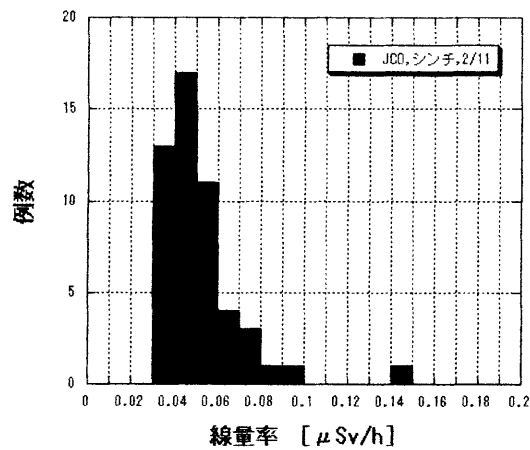


図12 JCO社による線量率の分布(2月11日) 第584報

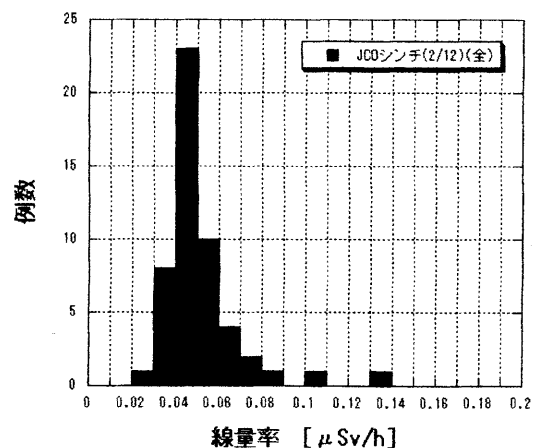


図13 JCO社の測定による線量率の分布(2月12日) 第588報

平均 $0.047\mu\text{Sv/h}$)、図13はJCO社の第588報(2月12日、平均 $0.046\mu\text{Sv/h}$)の線量率を夫々ヒストグラムにしたものである。

JCOの敷地内のいずれの場所も、空間線量率は、通常のバックグラウンド (BG)のレベルであることが確認できた。図8の地図に表示していない場所も建物外はすべて調査した。事故を起した転換棟の外壁も、コンクリートの遮蔽ブロックの

内側に入り測定した。遮蔽用の土嚢の表面の測定も行った。表やグラフの比較的線量率が高い地点は、臨界事故に関係の無い核燃料物質の保管場所（周辺監視区域内）である。事業所境界の外の測定も行ったが、外壁表面、空間ともいずれのサーベイメーターでも残留放射線は検出できなかった

5. 討論

JCO社の臨界事故から約130日後の2000年2月11日、12日にJCO社の敷地の空間線量率の測定を行った。しかし、サーベイメーターによる測定で残留放射線は検出できなかった。すべての測定点がバックグラウンドのレベルであった。

使用した測定器の、現場での性能の比較を行なった。

(1) 使用したGMサーベイメーターの特徴

放射線計測協会がCs-137で較正したものであるが、バックグラウンドレベルの環境放射線を測るには、低線量率の分解能が粗いことを示している。この分解能（0.1 $\mu\text{Sv/h}$ ）でも、事故時の高線量率の場合は測定に不自由しなかった。メーカーの保証する表示値の上限は300 $\mu\text{Sv/h}$ であった。F点（最近接点）ではこの上限値を超えていた。メーカーに確認すると上限（公称）の10倍、3000 $\mu\text{Sv/h}$ までは表示するようである。

(2) 使用したシンチレーター式サーベイメーターの特徴

「はかるくん」は堀場製作所の製品、「はかるくんII」は富士電機の製品である。いずれも同じシンチレーターCsI+シリコンフォトダイオードの検出器を使用したもので、放射線計測協会がCs-137で較正したものを借用し使用した。図10、図11を比べると分布の形は似ているが平均が異なる。

図14に、同一測定点毎の機種による表示値の関係を示す。「はかるくん」と「はかるくんII」の指示値が線形の対応をし、図14ではその傾きは2になった。

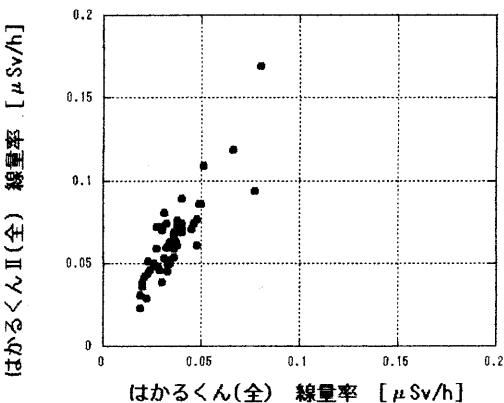


図14 「はかるくん」、「はかるくんII」で測り比べたJCO社内外の線量率の表示の比較

(3) JCO社で使用しているサーベイメーターは、おそらくアロカ社のシンチレーター式のサーベイメーターと思われる。

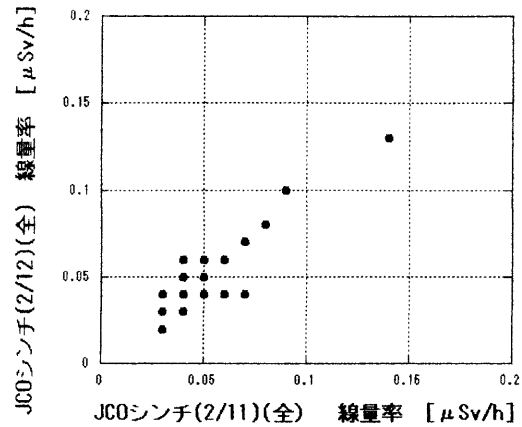


図15 JCO社の測定の再現性（2月11日と2月12日）

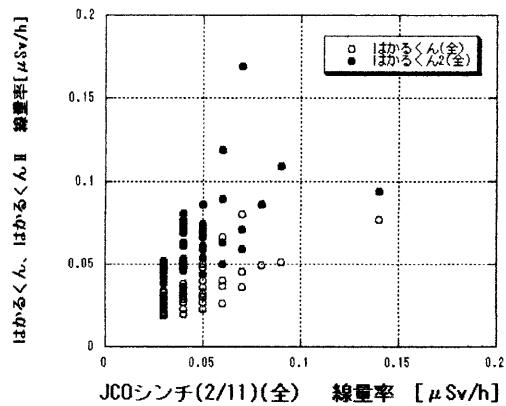


図16 2月11日のJCO社の測定データと「はかるくん」、「はかるくんII」の線量率の表示値の比較

2月11日と2月12日の測定結果を図15に測定点毎に示す。2種類の「はかるくん」同士の場合と異なり、2月11日、2月12日の2回の測定結果が非常に良い一致を示している。

(4) JCO社の測定データと、(2)の2種類の「はかるくん」の測定結果の関係を図16に示す。○印が「はかるくん」、●印が「はかるくんII」の測定結果である。両者で傾きが異なる。縦軸が「はかるくん」および「はかるくんII」のデータ、横軸がJCO社のデータである。

(5) なぜ「はかるくん」と「はかるくんII」は、線量率の表示値が2倍異なるか

測定データを添えて放射線計測協会に問い合わせると、「ともにCs-137で較正し出荷しておりそれぞれに正しい」といわれた。1つの地点について計測器により2種類の測定値が存在し、かつ専門的にはともに正しいとの説明であった。測定手段まで指定すれば再現性もあるが、素人には分かりにくい。

問い合わせを2000年の2月に行ったが、5か月後の2000年の7月に放射線協会のニュース[18]に、2種類の「はかるくん」の γ 線のエネルギーに対する感度がCs-137に対する相対感度としてグラフで表示されただけであった。放射線計測協会のニュース[18]の図1から筆者がデータを読み取り作図

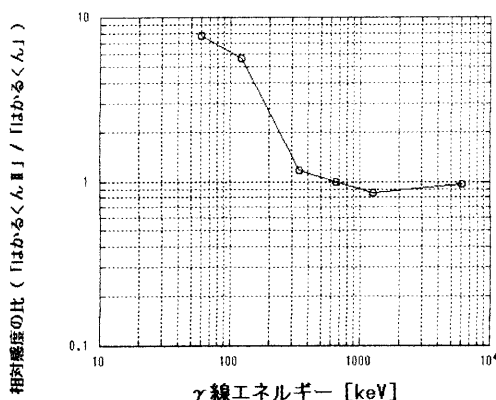


図17 「はかるくん」、「はかるくんII」の相対感度の比の
γ線エネルギー依存性 ([18]の図より筆者が計算)

しなおしたものを図17に掲げる。計測協会がテストに用いた標準線源は、Am-241(59.5keV)、Co-57(122keV)、Ba-133(340keV)、Cs-137(662keV)、Co-60(1250keV)、N-14(6130keV)である。

検出感度の比はJCO構内で今回体験した2倍どころか、低エネルギー側では、8倍にもなる。(4)で、JCO社の測定データを基準(x-軸)に、「はかるくん」、「はかるくんII」によるγ線線量率のx測定値を表示したのは、JCO社のサーバイメーターが、事業所境界の線量率測定用の業務用(高価な専用機)のため、エネルギー感度依存性を含め $\mu\text{Sv/h}$ に換算しなおしたエネルギー補償型のはずのためである。

放射線の講習会等で初心者に計器を渡すと動作概様を理解しようとせず、デジタル表示の末位の桁の数値の変動や、同一機種同士の表示値の僅かの差にこだわる人が多い。ネーミングの段階から、別の機種だと強調をしておいたほうが良かったのではないと思う。どのような意図で、2号機「はかるくんII」の開発を行ったかの発表が無いが、発注先が1社に偏らないためときいた。

説明書でエネルギー依存性をグラフで表示しても、唯 $\mu\text{Sv/h}$ 表示のみのため、一点補正のCs-137換算の線量率 $\mu\text{Sv/h}$ であることをはっきり説明する必要を感じた。上述のように、末尾の1桁にのみ目が行く初心者には、場合によっては、線量率の値が2~8倍も違うということを理解させるのは大変である。折角の啓蒙用の器具がかえって放射線測定への不信感を増幅する器具になることを恐れる。「はかるくん」を2種類同時に借り出す「マニア」はそういないかもしれないが、「はかるくん」は一般市民が線量率を手軽に測れる唯一の測定器であるだけに、放射線計測協会には「はかるくん」の開発コンセプトと表示される数値($\mu\text{Sv/h}$)の意味を今まで以上に丁寧に説明(情報開示)していただくことを期待している。

6. まとめ

JCO社の臨界事故から約130日後の2000年2月11日、12日の

両日、JCO社の敷地内に入り、臨界事故発生日使用したGMサーバイメーターと放射線計測協会から借用したシンチレーション式のサーバイメーター「はかるくん」、「はかるくんII」で、敷地内および周辺のJCO社の定期測定定点のγ線空間線量率を測定した。

JCOの敷地内外の空間線量率がバックグラウンドレベルで、測定結果はJCO社の報告する測定と一致することを確かめた。

筆者はこのような事故時および事故後の安全確認の測定も地元の教員の責務だと考えている。平素地元の他の教員が(大学も含め)自校周辺の環境放射線強度に無関心(敬遠ぎみ)であることを不思議に思う。中学高等学校で理科教育振興法で購入が保障されている放射線測定機器と、放射線計測協会が無料で貸し出す「はかるくん」で誰でも測定もできることであるのにである。原研の創立以来40余年の準備期間があったのに大学等に放射線測定機器が準備されていなかったとしたら問題外である。何のための「地域の大学」であるかである。事故時もJCOの敷地内へ入るのが躊躇れたら、JCOの事業所の外周を上記測定機で測りバックグラウンドとの差の有無を発表すればそれだけでも周辺の住民の不安感も解消できるはずであったのに、自らは測定をせずハンストをしたり集会や講演会を開くパフォーマンスだけで、現実を自分の目で見ようとしていないように思える。科学を放棄している感じがする。大事故の時にこそ何故自分で測ろうとしないのだろうか。今回のJCOの事故程度で「萎縮」していたら、旧ソ連のチェルノブイリ原発級の事故の際ハンガリーの高校の物理教員が測定により国土の汚染地図を詳細に作成し無用な人工妊娠中絶の防止に果たしたような行動はできないであろう。

事故後文部省が緊急に予算化した「原子力安全教育設備費」も測定器の較正用の維持費(後年度負担分)の手当てと地域の学校の教員との連携を考えに入れていないと次の原子力事故の際には放射線情報の収集の役にはたさないであろう。

事故調の最終報告書[19]の141ページに、「原子力災害対策補正予算、文部省、RI施設の安全管理強化、50億円」と記載があるが、高専の場合、全高専一律の金額で、当該高専周辺の原子力事業所の数・距離、学内のRI施設の有無、RI取扱主任者免状所持者数等に無関係であった。本校の近隣の大学でも、必ずしも教育関係の学部はこの予算が回っているわけではない。予算の存在も知られていなかった。また、茨城県内の中学、高等学校に、同類の支援がなされた形跡も無い。予算総額50億円に対しては1高専への配分額は僅かその1/1,000であった。全国で約55校としても金額的には全体の僅か6%弱に過ぎない。残りの94%は大学に手厚く配分したのか、RI施設に特別に配分したのであろうか。配分に当たっては、事故発生日、現場周辺の環境放射線の測定をしたこと[1-2]も何ら考慮されていない。唯、事故直後に文部省から放射線教育にどのような機器・機材が必要か問い合わせがあっただけである。忙しい中で、JCOに最近接の国立学校として、最低限

必要な20,000,000円程の機器を選定し見積りもとって提出したが後日「1校だけ特別扱いはしない」との連絡があった。

私見であるが地域防災計画で原子力災害時コンクリート屋内避難所になりうる原子力事業所周辺の小中学校、高等学校、公民館、体育館、図書館等にはサーベイメータ程度は常備させ、平時の測定も行い科学技術庁とは無関係に文部省独自の情報網を構築する必要があると感じている。原子力事故時に肝心の放射線情報が現場の学校に届き難いことは筆者の科学研究費の申請書にも示したし、JCOの事故の際も事実が実証している[1-2]。収容される避難者の安全以前に、在校生である生徒・学生の安全確認のためにも必要な機材である。中央からの情報連絡を待つ数時間の内に放射性雲は学校の上空を通過してしまうからである。原子力安全教育設備費で全国の国立大学と国立高専に放射線測定器を配置することも必要であるが、原子力事業所から指呼の間にある（少なくともEPZ内の）学校には、国立・公立・私立にかかわらず広口サーベイメータと環境放射線測定用のサーベイメータを配備し、単に事故対策としてではなく、ハンガリーの教育改革のように、明確な教育的見地から教育と器機の保守管理を行うべきだと考える。平成13年よりの省庁統廃合とは無関係にである。少なくとも、従来から科学技術庁を除けば、文部省は放射線測定機・器の保有台数では、最大の省庁のはずであるからである。JCOの事故時それを全く生かせなかったことが惜まれる。事故時、周辺の学校で現有する既存の教育用の放射線測定器機を生かせなかったことに対する指導の不備（欠如）を反省する文部省や教育委員会等の関係者の言辭を一度も見たことも聴いたこともない。

今回の筆者の測定で、派生的に「はかるくん」のエネルギー特性の機種による違いが明らかになった。「はかるくん」は、一般民衆が手にすることのできる較正がなされた実質的に唯一の放射線測定器であるだけに、機種及びエネルギーによる線量率の違いに8倍の開きが生じることがわかったら広く公表、周知させる必要がある。科学技術庁や放射線計測協会は今回の2種類の「はかるくん」による表示値の2倍の開きなどは些細なずれと認識しているのかも知れない。少なくとも計測協会の対応者の口調はそうであった。

しかし、今後も平常時および事故時に原子力事故現場周辺的环境放射線のデーターを、市民が「はかるくん」で測定する可能性があるため、「はかるくん」の開発コンセプトと表示される線量率の数値の意味を明確にする必要がある。教室内用（Cs-137線源使用）か、本当に、開発初期の環境測定（現場使用）を念頭に開発するかである。屋外・現場の核種（エネルギー）不明の放射線の測定に、非エネルギー補償型の測定器を開発したのはなぜか。開発当初、用途のコンセプトが不明確（曖昧）なまま開発したのではないかと考えられる。

原子力施設周辺の住民は放射能に過敏になっており、上のJCOの発表数値が1桁丸められているのは、住民がデジタル表

示の数値を末位（尾）まで正しいものと信じてしまいバックグラウンドの存在やその時間的変動を理解してくれないときいた。

測定数値は発表されるとひとり人歩きする虞がある。現場では、このように慎重に対処しているときに、検出器と同じシンチレータを用いながら異なるエネルギー特性の2種類の同名（「はかるくん」）の教育用の測定器を開発し、そのエネルギー依存性について広報を怠って（避けて）きた放射線計測協会の放射線教育やPA教育に関する認識は甘いと思われる。PAをPublic Acceptance と考えるのは傲慢のような気がする。それより、一歩下がってPublic Awareness とする程度の謙虚さが必要ではないかと考えている。

測定値の数値の末位の変動でなく今回のように数値が2倍、核種によっては8倍もずれたら、「はかるくん」は放射線教育でなく、放射線に対する不信感を拡大させる機械になる。

筆者が測定したのは、物理量に近い線の空間線量率だけであるが[1]以来の測定で、過去40余年の放射線教育・原子力教育や学校教育の欠点を顕わにしてしまったような気がする。社会の制度に対してもそうである。危機というものは社会に対し材料試験の「破壊試験」に相当する強烈な効果があると感じた。JCO事故による貴重な生命、財産を含む損失に対し、事件を風化させず、事実と問題点を広く明らかにし改善していく必要を感じている。

平成11年度の補正予算で文部省についた臨時の「原子力安全教育設備費」で各種サーベイメータ（GM、シンチ、電離箱式）が本校にも揃ったので、再度JCO敷地内の空間線量率の測定を行おうと計画し、文部省の学術調査団として正式の申し込みを行って見たが婉曲に断られてしまった。このような測定でも詳しく測られるとどこかに何らかの差し障りがあるのであろうか。

臨界事故の当日から気になっていたことであるが、測定データーの公表の可否と方法についてである。従来いわれていた「情報の一元管理」の制約から、「情報を人に洩らし・伝えてはいけない」と心理的なブレーキになっていた。臨界事故のとき、東海村に入った情報を村の職員が隣接市町村に伝えなかつたことも、この「情報の一元管理」の呪縛による。

事故後、「事故時、私たちの測定データーを公表して良いか、またその方法は」と、科学技術庁核燃料規制課の課長に直接口頭で質問した所、「発表してよい。インターネット等で一般公衆に直接発表することも差し障りはない」との回答を得た。今までの自己規制の制約は何であったかと思うくらい意外な回答であった。RI主任者の免状を持っていること、現に主任者に任命されていること、放射線測定器は定期的に公的な機関で校正を受けていること、JCOの臨界事故時には、公道の空間線量率の測定をおこなったことを述べたあとの質問であり、事故時必ずしも誰でも勝

手に測定値を公表してよいと言われたことにはならないかもしれないが、少なくともわたしたちは堂々と測定し測定値を一般にも公表できるとのお墨付きを科学技術庁から得たと思っている。何時あるかわからない次の原子力災害にも対処できるよう、平時よりの測定およびインターネットを含むデータの公表の手段を構築してゆく所存である。

補遺1 2002年8月、第2回放射線教育シンポジウムがハンガリーのDebrecenで開催された。JCOの臨界事故時の紹介をするとともに、Toth先生、Marx教授に再会し、ハンガリーの教育改革のこととチェルノブイリ原発事故の際のハンガリーの高校の物理の教員の活動について直接状況を聞いた。同国の自由化、政権の交代は、国民一律の放射線教育を困難にしている状況を知った。一緒に高ラドン地帯へのエクスカージョンを楽しんだ。彼らは私の報告を同国の fizikai szemle (直訳すればPhysical Review, 但し物理学会

報?) にハンガリー語訳で即座に掲載してくれた(2002/9)。その後、Marx 教授の訃報をTothからのメールで知った。

7. 謝辞

本研究の一部は、文部省科学研究費補助金(基盤B)「原子力災害時の避難所に指定された学校における平時のPA教育と事故時のための対策」(代表松澤孝男、1999~2002年度、No. 11558064)および、文部省の「臨界事故の環境影響に関する緊急学術調査」(代表小村和久金沢大学教授、1999~2000年度、No.10480024)に拠る。JCO社および地元自治体、放射線計測協会には資料や調査で多大の便宜をはかっていただいた。文部省の緊急学術調査のメンバーの方々には調査の準備、調査、討論等すべての面でお世話になった。厚く感謝する次第である。(起草が2000年のため、省庁の統廃合の前の名称で示されたままになっている。)

表1 JCO周辺の γ 線空間線量率(単位はすべて μ Sv/h)

Point	A	B	C	D	E
	GM	はかる	はかる	JCO	JCO
		くん	くんII	2月	2月
敷地内				11日	12日
2	0.1	0.027	0.059	0.05	0.05
3	0.1	0.031	0.053	0.04	0.04
4	0.1	0.028	0.048	0.03	0.04
5	0.1	0.026	0.049	0.03	0.04
6	0.2	0.024	0.046	0.03	0.04
7	0.1	0.023	0.044	0.05	0.05
16	0.1	0.02	0.039	0.03	0.03
17	0.1	0.027	0.072	0.04	0.04
18	0.1	0.04	0.074	0.05	0.04
19	0.1	0.032	0.074	0.04	0.05
20	0.2	0.077	0.094	0.14	0.13
21	0.2	0.05	0.086	0.05	0.04
22	0.1	0.029	0.046	0.04	0.04
23	0.1	0.022	0.029	0.03	0.02
24	測定洩			0.03	0.04
25	0.2	0.08	0.169	0.07	0.07
26	0.1	0.036	0.066	0.05	0.04
27	0.1	0.04	0.069	0.05	0.04
28	0.1	0.032	0.06	0.05	0.04
29	0.1	0.036	0.059	0.07	0.04
30	0.1	0.04	0.089	0.06	0.06
31	0.1	0.03	0.07	0.04	0.05
32	0.2	0.051	0.109	0.09	0.1
33	0.1	0.049	0.086	0.08	0.08

34	0.1	0.048	0.061	0.05	0.06
35	0.1	0.045	0.071	0.07	0.07
36	0.1	0.031	0.081	0.04	0.05
37	0.1	0.038	0.061	0.04	0.06
38	0.1	0.03	0.039	0.03	0.03
39	0.1	0.019	0.023	0.03	0.03
40	0	0.019	0.031	0.03	0.03
41	0.1	0.021	0.042	0.03	0.04
42	0.1	0.066	0.119	0.06	0.06
45	0.1	0.036	0.069	0.04	0.05
46	0.1	0.046	0.074	0.04	0.05
敷地外					
1	0.1	0.033	0.052	0.04	0.04
2	0.1	0.034	0.05	0.03	0.03
3	0.1	0.033	0.05	0.04	0.04
4	0.1	0.036	0.054	0.05	0.04
5	0.1	0.04	0.071	0.05	0.04
6	0.1	0.038	0.072	0.04	0.05
7	0.1	0.048	0.077	0.04	0.03
7	0.1	0.038	0.076		
8	0.1	0.03	0.072	0.05	0.05
9	0.1	0.037	0.063	0.06	0.04
10	0.1	0.02	0.036	0.04	0.03
12	0.1	0.033	0.045	0.03	0.04
13	0	0.026	0.05	0.06	0.04
14	0.1	0.033	0.052	0.03	0.03
15	測定洩			0.04	0.05
43	0.1	0.023	0.051	0.04	0.04
44	0.1	0.034	0.063	0.04	0.04

表2 γ 線空間線量率の測定器毎の平均および標準偏差（単位はすべて μ Sv/h）

		JCO社	敷地内	JCO社	敷地外周
			34箇所		16箇所
	測定器	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	GMサーベーター	0.11	0.044	0.094	0.025
B	はかるくん	0.037	0.015	0.034	0.007
C	はかるくんII	0.066	0.028	0.058	0.012
D	JCO社測定データ、2月11日	0.049	0.022	0.043	0.009
E	JCO社測定データ、2月12日	0.05	0.021	0.039	0.007

8. 参考文献

- [1] 松澤孝男, 飯岡邦彦, 河井義春, 臨界状態が続く1999年9月30日20時頃のJCO社周辺の γ 線の空間線量率(その1) 茨城工業高等専門学校研究彙報 第35号31-39 (2000) .
- [2] Takao Matsuzawa, Kunihiko Kawai, Gamma dose rate in the vicinity of JCO as of approximately 8:00 pm on September 30, 1999, Journal of Environmental Radioactivity, 50 [1-2] 27-36 (2000).
- [3] 松澤孝男, 飯岡邦彦, 河井義春, 臨界事故当日のJCO社周辺の γ 線の空間線量率—情報の無いJCOの敷地の外の公衆と警備の警察官の放射線防護の為に—, 原子力学会2000年(第38回) 春の年会要旨集, (2000年3月28~30日, 愛媛大学), p. 722 (2000) .
- [4] T. Matsuzawa et al., Abstracts of Workshop on The Criticality Accident at Tokai-mura, 19 May 2000., International Conference Center, Hiroshima, Japan., pp. 9-11. (2000)
- [5] 松澤孝男, 原子力災害時の地元教員の役割—JCO事故当日の経験から、第2回環境放射能・放射線夏の学校ワークショップ報告書「核災害時における専門家のとりくみ」(JCO臨界事故における文部省緊急調査班の活動を中心に)、平成12年7月22日、金沢大学辰口研修センター, pp. 10-12. (2000).
- [6] 松澤孝男, 界状態が続く1999年9月30日20時頃のJCO社周辺の γ 線の空間線量率(その2), JCO事故から学ぶ, 茨城工業高等専門学校研究彙報 第36号 (2001) (掲載予定) (結局掲載されず).
- [7] Esther Toth, Nuclear Literacy, Abstracts of International Symposium on Radiation Education (ISRE 98), December 11-14, 1998, International Productivity Center, Shonan International Village, Hayama, Kanagawa Japan. 65 (1998).
- [8] 有馬朗人, 理科教育の問題点に関する考察, ISRE98, Proceedings of International Symposium on Radiation Education, December 11-14, 1998. pp. 9-14.
- [9] 松澤孝男ほか, 環境中ラドン濃度の測定を通して放射能への理解を深める, 平成5年度東レ理科教育賞受賞作品集 第25回, pp. 30-33.
- [10] 放射性降下物 1955-1999, 気象研究所, 1999
- [11] 高田純, 「世界の放射線被曝地調査」2001年1月刊, 講談社
- [12] 高田純, 「科学」2003年, 岩波書店.
- [13] The Central Executive Committee of Japan Atomic Energy Research Institute Labour Union, Estimation of the integral dose of neutrons using monitoring data, Journal of Environmental Radioactivity, 50[1-2] (2000), pp. 37-41.
- [14] Kofuji, K. Komura, Y. Yamada, M. Yamamoto, An estimation of fast neutron flux by $^{35}\text{Cl}(n, \alpha)^{32}\text{P}$, ibid., 50[1-2] (2000), pp. 49-54.
- [15] 小藤久毅, 小村和久, 山田芳宗, 佐々木研一, 山本政儀, ^{32}P 生成量から速中性子束の推定, 第28回放射線環境セミナー, ウラン加工工場臨界事故に対する環境測定・線量推定, 平成12年12月7日-8日, 予稿集, pp. 15-16.
- [16] 住田健二, JCO事故の経過と反省, 日本原子力学会誌, 42 [8] (2000) .
- [17] 住田健二, 資料「JCO事故の経過と反省」, 『JCO 臨界事故体験, 原子力とどうつきあうか』, ちくまプリマーズックス140, 筑摩書房, 2000年, p.112, p. 193.
- [18] 佐々木幸男, 「はかるくん」, 「はかるくんメモリータイプ」, および「はかるくんII」の γ 線エネルギー依存性, 放射線計測協会ニュース, No.26 (2000・7) pp. 6-7.
- [19] 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会, 「ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告」, 平成11年12月24日, p. 141.

補遺2 臨界事故時事業所の塀の外から臨界事故の発生場所と線源の強さを現場で推定する

臨界事故時、事業所の職員、科技庁、原研・動燃等の関係者は事業所の地図、図面や担当者等の説明で事故の概要、規模等把握できる。しかし、塀の外の一般市民には情報は何も知らされなかった。このような場合、2本の道路に沿って線量率を測るだけで臨界の発生箇所、線源の強さ、放射線の広がりほぼ把握できる。『臨界事故時の線源位置、線量の見積もり』などという本はないから、現場で簡単なモデルを考えた。

直交するx軸、y軸を考える。第1象限に線源(臨界反応容器)があるが、JCOの事業所は、塀で囲まれており外から内部の建物の配置はわからない。臨界反応の発生箇所の座標を(a,b)とする。原点(0,0)は、二軒茶屋交差点のイメージである。この状況で、位置座標a,bと線源の強さAを求める。

方法 x軸(国道6号線)に沿って空間線量率を測る。同じようにy軸(県道62号線)に沿って空間線量率を測る。図1、図2のグラフを描き、線量率の最大値の1/2の高さの線幅を求める。これを $2\Gamma_a$ 、 $2\Gamma_b$ とする。図1の線量率の最大値を α 、図2の線量率の最大値を β とする。

座標: $a=\Gamma_a$ $b=\Gamma_b$ (常識、紙面の都合で証明略)

線源: $A1=\alpha \cdot b^2$ $A2=\beta \cdot a^2$

臨界継続中の線源の強さは、ガンマ線として $A1=A2=A$ 中性子まで含めれば、その10倍、約10Aとなる。

説明 一番簡単な、点線源モデルでは、線源から距離rの点の線量率yは(極座標系では)、 $y=A/r^2$ (1)

これを直交座標系で考えると、点(x,y)の線量率は、

$$y=A/((x-a)^2+(y-b)^2)$$

この表現は、教科書あるいは論文にはよいが、臨界事故時、事業所の外の公道でしか放射線の測定ができないときには使いにくい。一般市民は、道路X(国道6号線)、道路Y(県道62号線)に沿って線量率を測定できるだけであった。権限もなく、危険もありJCOの事業所にも、付近の民家にも立ち入れない。

式(1)は、x軸、y軸に沿った2つの式、

$$y=A1/(b^2+(x-a)^2) \quad (2a), \quad y=A2/(a^2+(y-b)^2) \quad (2b)$$

の形で整理する。x軸に沿って測った線量率のデータ、y軸に沿って測った線量率のデータを図1、図2のように描き、それぞれの線量率の最大値の1/2の高さの水平線を書き込み、グラフとの交点から、それぞれの線幅 2Γ を読み取る。

図1の線幅が $2\Gamma_a$ 、図2の線幅が $2\Gamma_b$ である。

$$a=\Gamma_a=550[m]/2=275[m], \quad b=\Gamma_b=120[m]/2=60[m]$$

図1の線量率の最大値 α は(2a)より $x=a$ の時、 $\alpha=A1/b^2$ (3a)、

図2の線量率の最大値 β は(2b)より $y=b$ の時、 $\beta=A2/a^2$ (3b)

これらより、 $A1=\alpha \cdot b^2$ 、(3a)、 $A2=\beta \cdot a^2$ (3b)

モデルが実態に合っていれば $A1=A2$ となるはずである。

評価 $A2/A1=(\beta/\alpha)(a/b)^2$ で、モデルの適合度を評価する。

実際の測定データで確認を行うと(16時と20時だが)、

$$A2/A1=(510/20.8)(60/275)^2=1.167$$

となった。ほぼ1.0に等しい。大雑把には点線源モデルで扱えるといえる。

結論 このとき、臨界継続中の反応容器の線源の γ 線強度は、

$$A1=\alpha \cdot b^2=20.8[\mu\text{Sv/h}] \cdot (275[m])^2=1.57[\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$$

$$A2=\beta \cdot a^2=510[\mu\text{Sv/h}] \cdot (60[m])^2=1.83[\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$$

平均 $A=1.70[\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$ となった。中性子の線源強度は $A=17.0$

$[\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$ となる。ここでは n/γ 比を約10と仮定した。

臨界継続中の線源の位置は(60[m]、275[m])と推定した。

補足説明 このデータの処理の仕方は、データをLorentz型関数で処理したことに相当する。強度をA、線幅を Γ として、

$$y=A/[1+((x-a)/\Gamma)^2]$$

$$y=A\Gamma^2/[\Gamma^2+(x-a)^2]=A\Gamma^2/r^2$$

として扱う。本稿で関数の形が $y=A/r^2$ でなく、 $y=A\Gamma^2/r^2$ と線源と道路の距離 Γ^2 が入ってくる理由である。

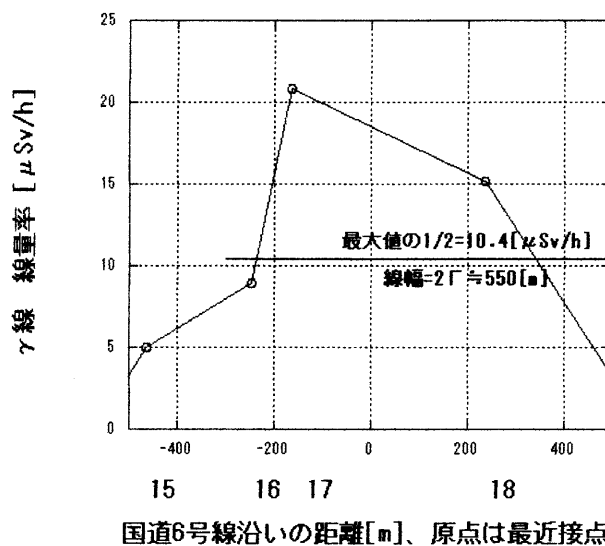


図1 x軸(国道6号線)沿いの γ 線線量率(9月30日16時)

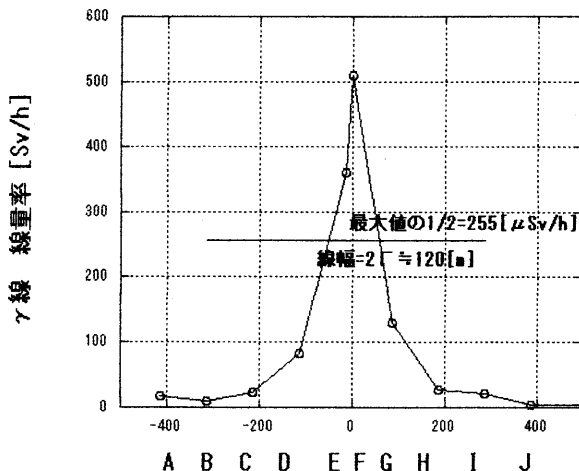


図2 y軸(県道62号線)沿いの γ 線線量率(同日20時)